

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Núcleo de Computação Eletrônica

Beris Victório Melo da Silva

USO DA TECNOLOGIA ADSL SOBRE REDE TELEFONICA  
PARA TRANSMISSÃO DE DADOS EM ALTA VELOCIDADE:  
A Evolução da Tecnologia de Banda Larga Residencial

Rio de Janeiro

2010

**Beris Victório Melo da Silva**

**USO DA TECNOLOGIA ADSL SOBRE REDE TELEFONICA PARA  
TRANSMISSÃO DE DADOS EM ALTA VELOCIDADE:  
A Evolução da Tecnologia de Banda Larga Residencial**

Monografia apresentada para obtenção do título de especialista em Gerência de Redes de computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e tecnologia Internet do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Orientador:

Moacyr Henrique Cruz de Azevedo, M. Sc., UFRJ, Brasil

Rio de Janeiro

2010

**Beris Victório Melo da Silva**

**USO DA TECNOLOGIA ADSL SOBRE REDE TELEFONICA PARA  
TRANSMISSÃO DE DADOS EM ALTA VELOCIDADE:  
A Evolução da Tecnologia de Banda Larga Residencial**

Monografia apresentada para obtenção do título de especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em gerência de Redes de Computadores e tecnologia Internet do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Aprovada em Agosto de 2010.



---

Moacyr Henrique Cruz de Azevedo, M. Sc., UFRJ, Brasil

## RESUMO

SILVA, Beris Victório Melo. USO DA TECNOLOGIA ADSL SOBRE REDE TELEFÔNICA PARA TRANSMISSÃO DE DADOS EM ALTA VELOCIDADE: A Evolução da Tecnologia de Banda Larga Residencial. Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.

Com a popularização da internet desde sua criação, os serviços disponíveis evoluíram à medida que mais usuários puderam participar do ambiente virtual. Porém serviços mais complexos que exigiam maiores taxas de acesso para se tornar viáveis foram surgindo, como se podem citar as transmissões de vídeos, compartilhamento de fotos e outros.

O objetivo deste trabalho é apresentar a tecnologia ADSL detalhando a implementação e evolução. Tendo origem por necessidade de conseguir utilizar altas velocidades de conexão a internet utilizando a infra estrutura existente de linhas telefônicas de par metálico.

As recomendações ADSL2 e ADSL2+ apresentadas pelo ITU, implementam melhorias no padrão original permitindo resolver os problemas encontrados durante a utilização e aplicar experiências adquiridas no desenvolvimento da ADSL.

Continuar utilizando a infra estrutura telefônica para transmitir velocidades cada vez maiores faz parte do desafio para a área. Como tema de discussão futura pode se tratar a relação taxa-distância em busca de superar as limitações hoje impostas pelos padrões atuais.

## **ABSTRACT**

SILVA, Beris Victório Melo. USO DA TECNOLOGIA ADSL SOBRE REDE TELEFÔNICA PARA TRANSMISSÃO DE DADOS EM ALTA VELOCIDADE: A Evolução da Tecnologia de Banda Larga Residencial. Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.

With the popularization of the Internet since its inception, the available services have evolved as more users could participate in the virtual environment. But more complex services that require higher rates of access to become viable arose, may be cited as the transmission of video, photo sharing and others.

The aim of this paper is to present ADSL detailing the implementation and evolution. They originated out of necessity to be able to use high speed internet connection using the existing infrastructure of telephone lines of a metallic pair.

Recommendations ADSL2 and ADSL2 + provided by ITU, implement improvements to the original pattern allowing the problems encountered during use and apply lessons learned in the development of ADSL.

Continue using the telephone infrastructure to deliver speeds increasing part of the challenge for the area. As the subject of future discussion can treat the rate-distance relationship in order to overcome the limitations currently imposed by current standards.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Divisão de Banda	14
Figura 2 – Siemens DSLAM SURPASS hiX 5625	15
Figura 3 – Representação QAM	16
Figura 4 – Representação do sistema de codificação <i>Reed-Solomon</i>	17
Figura 5 – Formato do bloco com codificação <i>Reed-Solomon</i>	17
Figura 6 – Estrutura de normas ANSI/ITU ADSL	18
Figura 7 – Comparação de taxa de bits entre ADSL e ADSL2	22
Figura 8 – CROSSTALK provocado entre pares adjacentes	23
Figura 9 – Modos de potência de energia no ADSL e ADSL2	25
Figura 10 – Comparação de taxa de bits com e sem agrupamento múltipares	27
Figura 11 – ADSL2+ dobra a taxa de fluxo no sentido downstream	28
Figura 12 – Relação distância X taxa de bits com faixa dobrada	28
Figura 13 – SPEEDSTREAM	29
Figura 14 – D-LINK 500B – ADSL	29
Figura 15 – DSL-2542B - ADSL2+	29
Figura 16 – LINKSYS WAG160N	29
Figura 17 – D-LINK DSL-2542B - ADSL2+	29
Figura 18 – DSLAN	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Modelo OSI de Referência

Página  
12

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
POTS	Plain Old Telephone Service
IP	Internet Protocol
ATM	Asynchronous Transfer Mode
OSI	Open system InterConnect
CAP	Carrierless amplitude phase modulation
ITU	International Technological University
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
ANSI	American National Standards Institute
EUA	Estados Unidos da América
DMT	Discrete Multitone
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
MIT	Massachusetts Institute of Technology
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem
FEC	Forward Correction Error
RS	Reed-Solomon
VOIP	VoIP Over Internet Protocol
SNR	Signal-to-Noise Ratio
SRA	Seamless Rate Adaptation
OLR	On-Line Reconfiguration
IMA	Inversing Multiplexing for ATM



## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	10
<b>2.</b>	<b>ADSL</b>	12
2.1.	CODIFICAÇÃO DE SINAL	13
2.2.	ESQUEMA DE MODULAÇÃO	15
2.3.	CORREÇÃO DE ERROS	16
<b>3.</b>	<b>ADSL2 - APERFEIÇOAMENTO DO PADRÃO DE BANDA LARGA</b>	18
3.1.	TAXA DE BITS E ALCANCE	20
3.2.	TAXA DE BITS ADAPTATIVOS	22
3.3.	DIAGNÓSTICO	24
3.4.	GERENCIAMENTO DE POTÊNCIA	24
3.5.	AGRUPAMENTO MULTIPARES	26
3.6.	O ADSL2+ ( <i>PLUS</i> ) - MAIS RECENTE RECOMENDAÇÃO	27
<b>4.</b>	<b>PRODUTOS EXISTENTES PARA ADSL, ADSL2 E ADSL2+</b>	29
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	30
	<b>REFERÊNCIAS</b>	31

## 1. INTRODUÇÃO

Com o início do uso da internet para fins comerciais, surgiu a necessidade de acesso rápido por parte dos usuários a fim de acessar soluções que demandam grande largura de banda, como por exemplo, escritórios virtuais, possibilitando trabalhar remotamente de qualquer parte do mundo.

Em 1990 a BELL LABS, braço de desenvolvimento e pesquisa da AT&T, lançou a tecnologia ADSL que tem como objetivo fornecer conexão de última milha (*last mile*), ou LOOP LOCAL, que trata do trecho entre a casa do assinante e a operadora de telefonia. Ou seja, era necessário utilizar a infra-estrutura de par metálico já existente para o serviço telefônico, pois o alcance em praticamente todos os nichos do mercado permitiria atender maior número de usuários. Porém a tecnologia deveria ser dotada de recursos para garantir que suportaria a não homogeneidade das redes e as características dinâmicas para fornecer serviços de qualidade. Por esse motivo a ADSL é hoje a tecnologia de banda larga mais utilizada no mundo e continua a crescer de forma que o padrão evolui e novas áreas de cobertura são alcançadas por conexões de alta velocidade.

O ADSL precisava suprir algumas necessidades básicas. Primeiro, deveria funcionar nos loops locais de par trançado categoria 3 que são utilizados pelos sistemas telefônicos. Segundo, não poderia interferir no sistema de telefonia e nos aparelhos (fax) dos clientes que faziam uso do mesmo fio. Terceiro, deveria ser capaz de fornecer velocidades muito superiores aos fornecidos pelo sistema de internet discada, que atingiram seu topo aos 56Kbps. Quarto, e não menos importante, deveria estar sempre conectada pagando valor fixo pelo serviço, sem a taxa por minutos de conexão.

A AT&T foi a primeira a oferecer o serviço, que funcionava utilizando divisão de espectro no loop local em três bandas de frequência: POTS (*Plain Old Telephone Service*), *upstream* (tráfego de dados com origem no usuário) e *downstream* (que segue no sentido contrário, para o usuário).

As velocidades alcançadas pela primeira versão de banda larga utilizando ADSL foram de 256Kbps a 6.1Mbps para *downstream*, e 16Kbps a 640Kbps para *upstream*, o que superava em muito o acesso discado que chegava em seu topo aos 56Kbps.

## 2. ADSL

ADSL não se trata de um serviço e sim uma tecnologia de codificação que pode fornecer encapsulamento para as camadas superiores, tais como IP ou ATM. Sendo assim, temos a ADSL como uma tecnologia de modulação avançada (tecnologia de modem avançada) que está localizada na Camada Física do modelo OSI (*Open System Interconnect*).

Tabela 1: Modelo OSI de Referência.

Camada	Funcionalidade
7	Aplicação
6	Apresentação
5	Sessão
4	Transporte
3	Rede
2	Enlace
1	Física

O modelo OSI representado na tabela 1 é a divisão em camadas do complexo projeto de redes, fornecendo interoperabilidade e abstração necessária entre as camadas, criando uma pilha de protocolo composta por 7 camadas cujo principal objetivo é fornecer serviços para a camada superior com a máxima transparência possível.

A tecnologia ADSL está localizada na Camada Física do modelo OSI, cujo objetivo é prover acesso ao meio físico interconectando computadores a computadores ou comutadores, fornecendo procedimentos de transferência de pacotes entre host/comutadores.

A ADSL trabalha na modulação de sinais elétricos, dividindo a transmissão no meio físico (par metálico) em três faixas de frequência: POTS, *downstream* e *upstream*.

## 2.1. CODIFICAÇÃO DE SINAL

Inicialmente a tecnologia ADSL foi implementada com o padrão CAP (*Carrierless Amplitude Phase Modulation*) que dividia o canal em três faixas de banda: a primeira para POTS (*Plain Old Telephone Service*) onde alocava a banda de 0 a 4kHz para transmissão de voz; a segunda de 25kHz a 160kHz utilizada no tráfego de dados *upstream* (envio de dados do usuário para a central telefônica); e por último a faixa de 240kHz a 1.5MHz que foi definida para *downstream* (tráfego partindo da central telefônica para o cliente).

Por restringir as faixas de banda para cada tipo de tráfego (*downstream* e *upstream*) essa implementação não era favorável ao serviço. Assim, outras companhias começaram a distribuir a ADSL utilizando a codificação DMT (*Discrete Multitone*) que divide o espectro de 1,1MHz disponível no *loop* local em 256 sub-canais independentes de 4.312,5 Hz cada.

Dessa forma o DMT passa a dividir as 256 portadoras em três grupos básicos, sendo o primeiro utilizado para voz que ocupa o canal 0. O segundo grupo ocupa os canais 1 a 5, que não são utilizados a fim de manter uma distância entre o sinal de voz e o de dados evitando interferência de sinais. E o terceiro grupo possui os canais 6 a 255 que são utilizados para transmissão de dados.

O terceiro grupo possui seus 249 sub-canais utilizados para tráfego de *downstream* e *upstream*, onde, tecnicamente, é possível serem compartilhados em 50% de igualdade para as direções. Porém as companhias telefônicas configuram normalmente 80% para *downstream* e 20% *upstream*, uma vez que o sentido de tráfego mais utilizado é o *downstream*. Uma divisão comum define 32 canais para *upstream*, sendo um canal de controle, e os demais canais para são usados para *downstream*, onde um canal também é de controle. Porém, é possível configurar os canais mais altos do *upstream* para serem utilizados no sentido *downstream*, aumentando a largura de banda no sentido downstream.

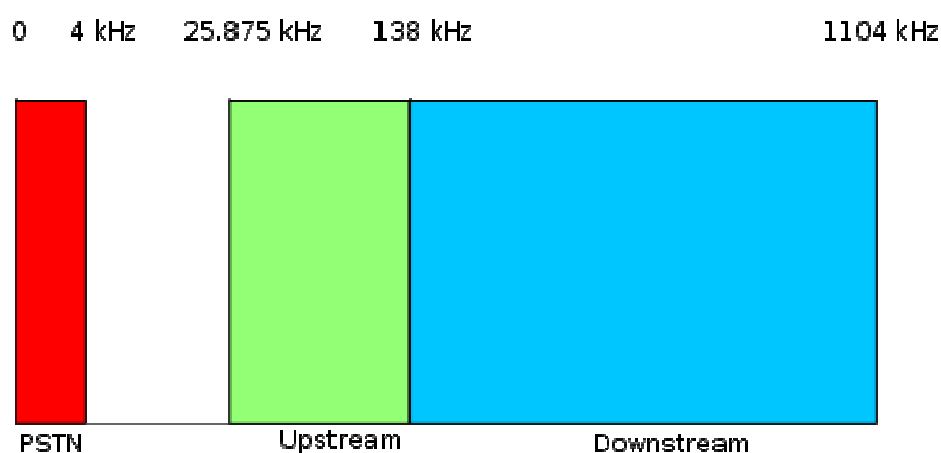


Figura 1 – Divisão de Banda

A distribuição de frequência pode ser resumida como:

- 0 Hz – 4KHz, para voz;
- 4K – 25KHz, banda de guarda (evitar interferência entre sinais de voz e dados);
- 26K – 137,825KHz, faixa de frequência de *upstream*;
- 138 – 1104KHz, faixa de frequência de *downstream*.

O formato da codificação é definido pelo fornecedor do serviço, utilizando o equipamento de rede *Digital Subscriber Line Access Multiplexer* (DSLAM), que é um

multiplexador que recebe as linhas telefônicas dos clientes e convergem as informações que chegam para frequências acima de 26KHz para o link internet de alta velocidade.



Figura 2 – Siemens DSLAM SURPASS hiX 5625

## 2.2. ESQUEMA DE MODULAÇÃO

O esquema de modulação utilizado pela ADSL visando atingir a velocidade de 15 bits por alteração da portadora, conforme definido pela codificação DMT, é a Modulação por Amplitude de Quadratura (*QAM – Quadrature Amplitude Modulation*). Para transmitir os 15 bits de dados em um único tom são necessárias 32.768 combinações de deslocamento de fase e amplitude.

A figura 3 demonstra um exemplo da variação de amplitude e deslocamento de fase para a transmissão de 3 bits por *baud*, utilizando a modulação QAM (QAM TRI-BIT).

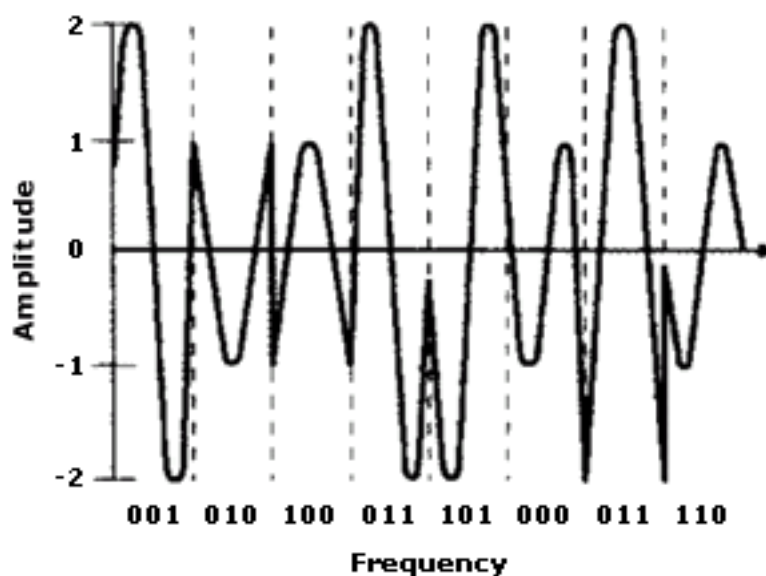


Figura 3 – Representação QAM.

### 2.3. CORREÇÃO DE ERROS

Como mecanismo para correção de erros na ADSL, é utilizado o código de *Reed-Solomon* (RS), que foi inventado em 1960 por Irving S. Reed e Gustave Solomon, membros do *MIT Lincoln Laboratory*. O código é um subtipo da classe de códigos cíclicos denominado de códigos *Bose – Chaudhuri – Hocquenghem* (BCH).

O código de *Reed-Solomon*, sendo uma forma de *Forward Correction Error* (FEC), é um dos códigos mais poderosos em tratamento de erros tendo a capacidade de correção de erros múltiplos, além de não ser binário. Sendo utilizado em diversas tecnologias, como gravação de CD/DVD, transmissão via satélite, televisão digital, comunicação *wireless* e modems de alta velocidade (utilizados em ADSL).

A operação de codificação e decodificação de código *Reed-Solomon* pode ser realizada através hardware ou software.

Um sistema típico utilizando o código *Reed-Solomon* pode ser visto na figura 4.



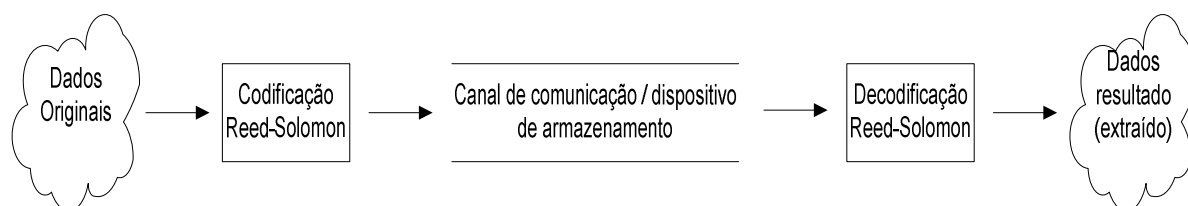


Figura 4 – Representação do sistema de codificação *Reed-Solomon*

As informações são postas em blocos e transmitidas e/ou gravada utilizando código de paridade.

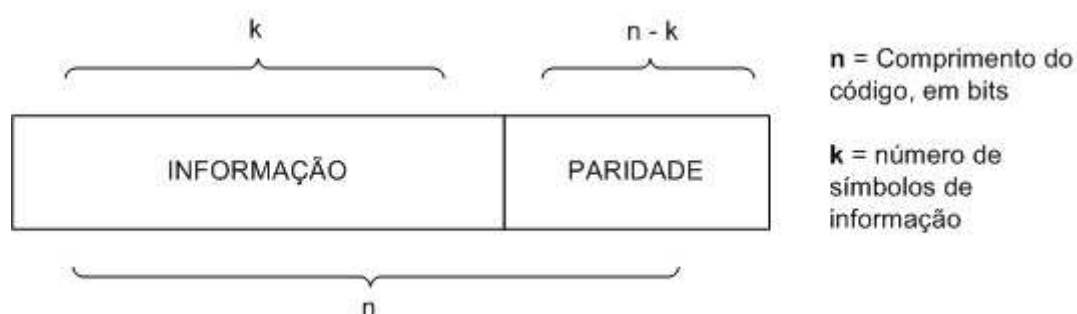


Figura 5 – Formato do bloco com codificação Reed-Solomon

### 3. ADSL2 - APERFEIÇOAMENTO DO PADRÃO DE BANDA LARGA

O processo natural em busca de aperfeiçoar e conseguir extrair o máximo das tecnologias não poderia ser diferente com a ADSL, sendo necessários vários estudos e seus resultados transcritos na forma de normas, que por sua vez foram usados como padrão para a correta utilização da tecnologia. A ITU (International Telecommunication Union) é responsável por orquestrar o crescimento e desenvolvimento de telecomunicações e rede de dados, ficando sobre sua responsabilidade a disseminação dos padrões estabelecidos. Já a ANSI (American National Standards Institute) supervisiona o desenvolvimento de normas de consenso voluntário de forma que tecnologias desenvolvidas no EUA (Estados Unidos da América) possam ser utilizadas em todo o mundo. A estrutura apresentada na figura 6 representa as normas que regem a tecnologia ADSL.

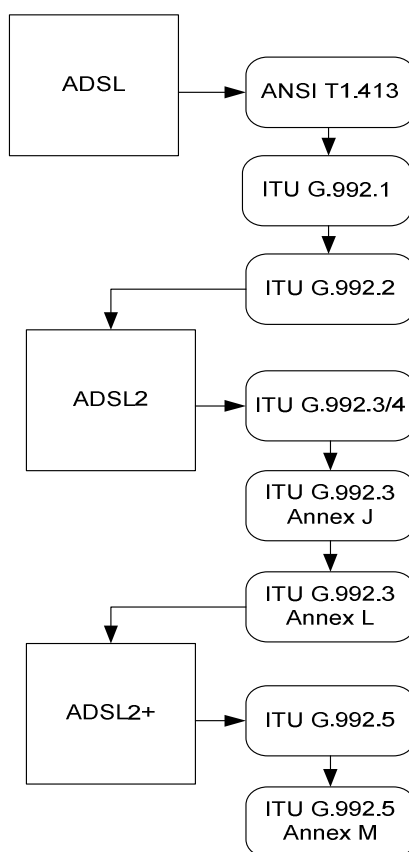


Figura 6 – Estrutura de normas ANSI/ITU ADSL

Com a grande difusão da tecnologia ADSL e o perfil do assinante mudando devido às experiências adquiridas na utilização do acesso de alta velocidade à internet, novos serviços que demanda mais largura de banda foram disponibilizados, como é o caso do VoIP (*Voice Over Internet Protocol*) que contempla o uso da telefonia utilizando a rede de dados e transmissão de vídeos sobre demanda.

Com objetivo de atender às crescentes demandas por alta velocidade de acesso a internet, o ITU trabalhou na evolução do ADSL, assim chegando em 2002 a recomendação G.992.3 *Asymmetric Digital Line Transceivers 2 - ADLS2* (G.dmt.bis) e G.992.4 *Splitterless Asymmetric Digital Line Transceivers 2 – Splitterless ADSL2* (G.lite.bis), conhecidos como ADSL2.

Em continuidade ao processo de otimização e aperfeiçoamento da utilização da estrutura de par de fios de cobre da telefonia convencional em 2003 o ITU apresenta a recomendação G.992.5 *Asymmetric Digital Subscriber Line Transceivers – Extended Bandwidth ADSL2* – conhecida como ADSL2plus ou popularmente chamada de ADSL2+.

Toda experiência adquirida no desenvolvimento e na utilização da tecnologia ADSL foi aplicada à ADSL2, e em seguida reaplicada na ADSL2+ juntamente com melhorias e novas funcionalidades, como será apresentado adiante, possibilitando a duplicação da taxa de bits para alcançar velocidades superiores a 10 Mbps.

Sobre algumas das características implementadas na ADSL2 (G.992.3 e G.992.4) podem-se destacar o aumento de alcance do enlace, melhoria na taxa de bits, ajuste adaptativo da taxa de bits, modalidade de *stand-by* para controle do consumo de energia, e, não menos importantes, novas facilidades de diagnóstico.

O padrão ADSL2+ visando ampliar a velocidade de conexão implementou duplicação da largura de banda e taxa de bits permitindo chegar a velocidade de até 20Mbps em linhas telefônicas com até 1,5 Km. Com garantia de interoperabilidade entre os padrões, as operadoras podem disponibilizar o ADSL2+ na mesma estrutura utilizada pelo ADSL, sem necessidade de atualização da infra-estrutura atual, e manter ambos os padrões simultaneamente sobre os mesmos pares metálicos.

A topologia e os equipamentos utilizados no padrão ADSL2 e ADSL2+ foram herdados do ADSL, porém equipamentos do lado do assinante precisam suportar o novo padrão para trabalhar com altas velocidades.

### 3.1. TAXA DE BITS E ALCANCE

Permitindo alcançar taxas de bits de *downstream* e *upstream* de aproximadamente 12Mbps e 1Mbps, respectivamente, dependendo do comprimento da linha entre o assinante e a central e de outros fatores. A ADSL2 assim cumpri seu principal objetivo de desenvolvimento que é melhorar a taxa de bits e o alcance do sinal em alta velocidade. Para tal sucesso utiliza-se de melhores técnicas de modulação, redução de *overhead* na transmissão de dados, maior eficiência na codificação dos dados, algoritmos de processamento de sinais otimizados e o aperfeiçoamento do procedimento de inicialização da transmissão.

A eficiência da modulação dar-se-iam ao uso de técnicas de modulação quadri-dimensional, com codificação *trellis* de 16 estados e modulação em amplitude e quadratura (QAM) com constelação de 1 bit. Utilizando-se da baixa relação sinal-ruído (SNR) em linha de longo alcance, permite fornecer taxa de bits mais elevadas. Em enlaces longos onde a taxa de bits é baixa, normalmente 128Kbps, o ADSL utiliza 25% da capacidade total de transmissão, alocando 32Kbps fixos para bits de *overhead*.

Os bits de *overhead* são bits de controle (fluxo de controle) da transmissão, contendo normalmente o cabeçalho e *checksums* (controle de erros) que são adicionados à transmissão para garantir a integridade da informação transmitida, protegendo assim contra interferências que possam ocorrer no *enlace*, como por exemplo, ruídos no sinal, tornando possível a correção no destino o quadro defeituoso reconstruindo do fluxo de *overhead* e obtendo informações para validar os bits de informação da transmissão.

O ADSL2 utiliza taxa de bits de *overhead* programável entre os valores de 4Kbps e 32Kbps, diferente do padrão fixo de 32Kbps utilizado no ADSL, assim podendo reduzir a taxa de bits de *overhead* para 4Kbps e permitir que os 28Kbps restantes sejam utilizados para transmitir dados úteis.

Melhorias que fornecem taxas de bits maiores foram adicionadas à máquina de estado de inicialização, permitindo altas taxas de bits. Algumas destas são:

- Redução de ECO e CROSSTALK entre os pares telefônicos com a facilidade de ajuste da limitação de potência em ambas as extremidades;
- Determinação do receptor sobre a posição do tom piloto para evitar nulos de canais das híbridas ou interferência da banda estreita das rádios AM;
- Funções otimizadas de processamento de sinais do receptor e do transmissor através de estados chaves de inicialização;
- O receptor determina as portadoras utilizadas para as mensagens de inicialização;
- Desativação do tom piloto durante a inicialização para permitir o cancelamento das interferências de radiofrequência.

A figura 7 apresenta a comparação da taxa de bits entre o ADSL e ADSL2, observa-se que a diferença entre a taxa de bits em enlaces longos é de 50Kbps, que pode

ser utilizado para *downstream* e *upstream*, aumentando assim a área de alcance do sinal em aproximadamente 6% ou 180 metros.

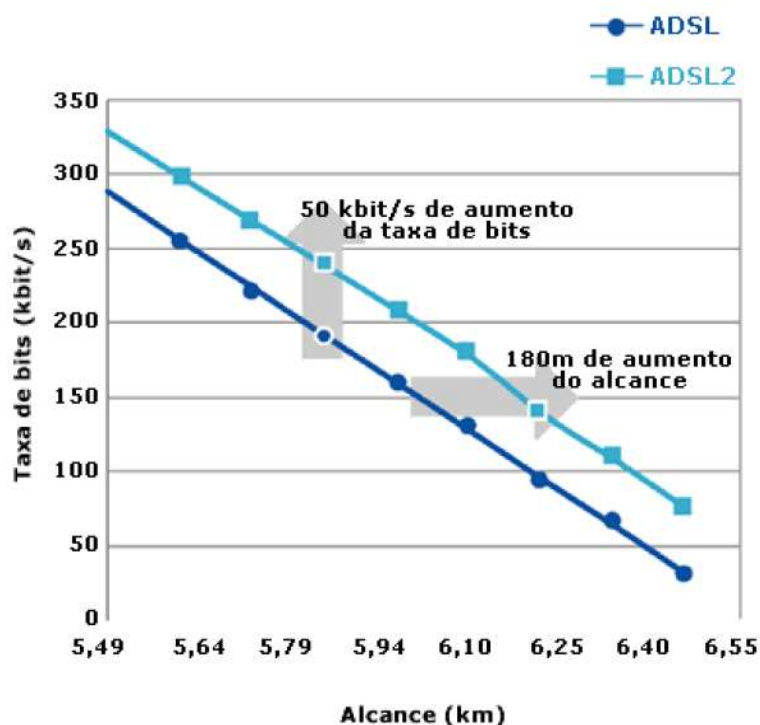


Figura 7 – Comparação de taxa de bits entre ADSL e ADSL2

### 3.2. TAXA DE BITS ADAPTATIVOS

O “empacotamento” dos pares telefônicos em cabos multi-pares que contêm 25 ou mais pares trançados de fio de cobre gera o fenômeno do *crosstalk*, que é a interferência de sinais entre os pares de fios de cobre que podem tornar uma conexão ADSL inativa ao utilizar a taxa de *bits* configurada.

O ADSL2 trata desse problema utilizando o *Seamless Rate Adaptation* (SRA), que permite ajustar a taxa de bits em tempo real sem que haja interrupção da conexão ou mesmo erros de bits. O ADSL2 detecta mudanças na conexão, por exemplo, interferência de radiofrequência AM, e altera a taxa de bits para condições livres de tal interferência de forma transparente para o usuário.

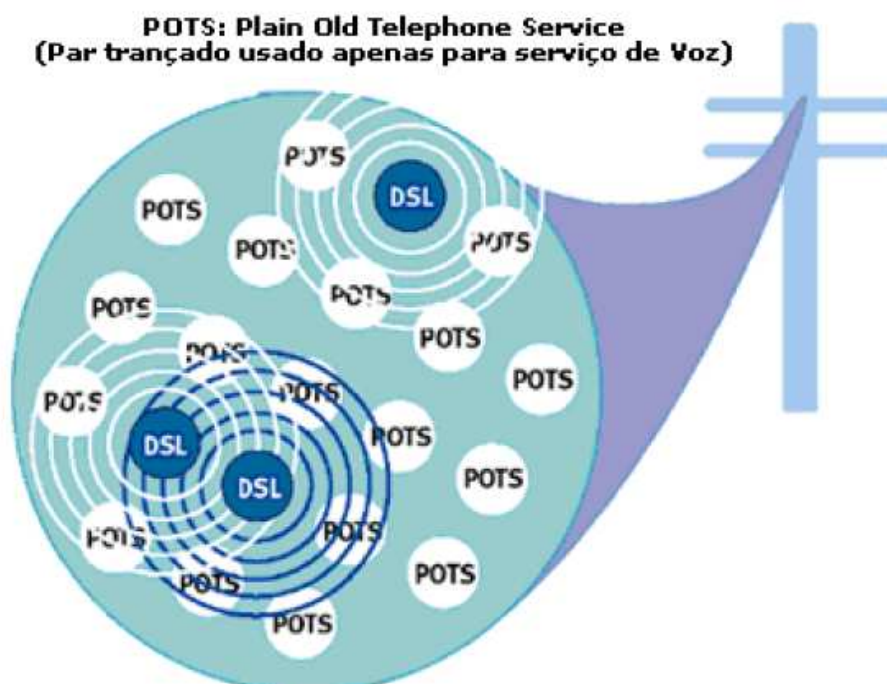


Figura 8 – CROSSTALK provocado entre pares adjacentes

Essa ação é possível porque a ADSL2 com o SRA desacopla a camada de modulação da camada de transmissão, permitindo assim que a camada de modulação altere os parâmetros da taxa de bits sem alterar os parâmetros da camada de transmissão de quadros, impedindo assim que o modem perca o sincronismo de quadro, o que resultaria na ocorrência de erro de bits ou na inicialização incorreta do sistema. O SRA faz uso do procedimento de reconfiguração on-line sofisticado *On-Line Reconfiguration* (OLR) incluído no ADSL2 para alterar a taxa de bits sem interrupção do serviço.

O procedimento utilizado pelo SRA é o seguinte:

- 1- O receptor monitora a relação sinal-ruído da conexão;
- 2- O receptor envia uma mensagem ao transmissor para iniciar a mudança da taxa de bits. Essa mensagem contém todos os parâmetros para a nova configuração de taxa de bits;

- 3- O transmissor envia um “*Sinc Flag*”, que define exatamente o momento que será feita a substituição dos parâmetros de transmissão;
- 4- No momento exato definido no “*Sinc Flag*” o transmissor utiliza os novos parâmetros de transmissão.

### 3.3. DIAGNÓSTICO

Diferentemente do ADSL, os transceptores dos *chipsets* ADSL2 foram dotados de funcionalidades de diagnósticos mais abrangentes, que fornecem ferramentas para resolução de problemas durante e após a instalação, monitorando o desempenho e a qualidade da conexão do serviço.

Com o objetivo de diagnosticar e reparar problemas, os transceptores ADSL2 fornecem diversos medidores como ruído de linha, atenuação de enlace e relação sinal-ruído em ambas as extremidades.

O ADSL2 fornece monitoramento em tempo real do desempenho, e informações sobre qualidade de enlace e condições de ruído são visualizados através de software pelos prestadores de serviços para prevenir falhas no fornecimento do serviço.

### 3.4. GERENCIAMENTO DE POTÊNCIA

O ADSL2 contempla três modos de energia diferentes, L0, L2 e L3, enquanto o ADSL trabalha apenas no modo sempre ligado independente se estiver ou não utilizando o enlace, mesmo quando o usuário estiver *off-line*. Com os diferentes modos utilizados na ADSL2 o consumo de energia varia de acordo com a utilização do circuito. No atendimento aos milhares de assinantes do serviço essa economia de energia é significativa para as operadoras.



A figura 9 apresenta os modos de energia utilizado no ADSL2 e ADSL, onde pode ser visto uma redução significativa no consumo de energia entre a implementação dos modos do ADSL2 em comparação com o estado sempre ativo da ADSL.

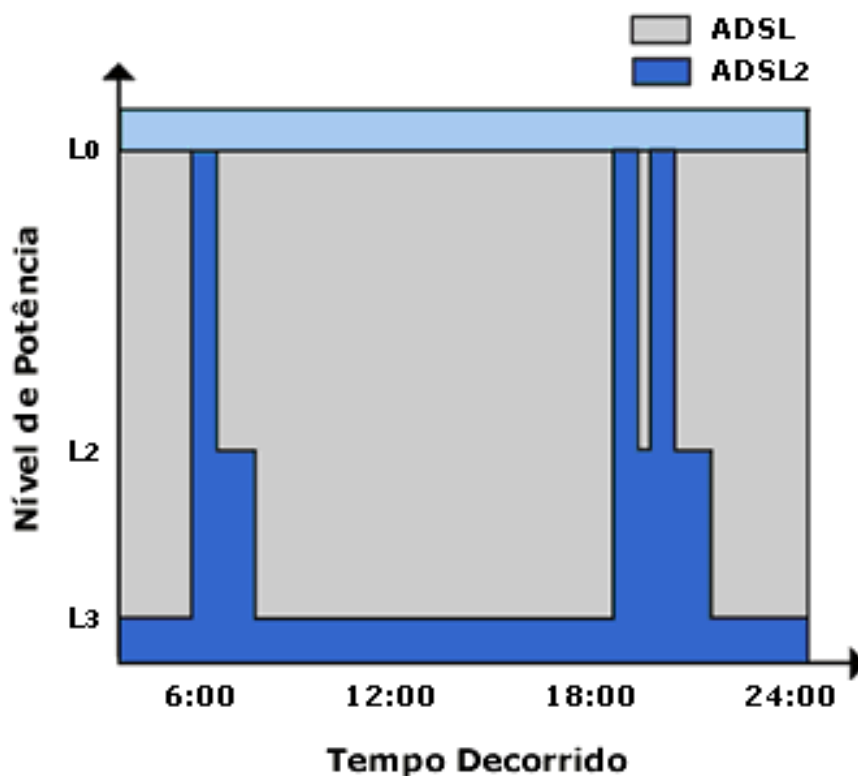


Figura 9 – Modos de potência de energia no ADSL e ADSL2

- Sempre ativa – O modo sempre ativo foi o único aplicado ao ADSL e consiste em manter o consumo de energia o máximo possível a espera de transmissões para que possa utilizar toda a capacidade de transmissão possível.
- L0 – Neste modo o consumo de energia utiliza potência total para conseguir altas taxas de transmissão de bits elevando assim ao máximo a utilização da banda, sendo utilizado, por exemplo, em momentos que o assinante está fazendo o *download* de algum documento.
- L2 – Este é o modo mais atuante no ADSL2, pois permite controle estatístico da potência de energia aplicada com base do tráfego de rede. Por exemplo, quando

o usuário está fazendo o *download* do arquivo, o modo de energia é automaticamente alterado para o L0 (potência total). Assim que termina o *download* e o usuário inicia a leitura do documento sem utilizar tráfego de rede o modo de potência volta ao L2 que mantém o mínimo de tráfego e potência possíveis. A alternância entre esses modos é totalmente transparente ao usuário.

- L3 – O conceito de *stand-by* é aplicado neste modo, onde o modem ADSL2 permanece inativo quando o usuário está *off-line*. Porém neste modo o usuário ao iniciar uma nova transmissão de dados deve esperar em média 3 segundos para que o modem “acorde” e ajuste o modo de potência para L2, assim passando a gerenciar o consumo durante a atividade.

### 3.5. AGRUPAMENTO MULTIPARES

O ADSL2 especifica o padrão *Inversing Multiplexing for ATM* (IMA – af-phy-0086.001) que permite incrementar significativamente a taxa de transmissão com o agrupamento de pares de linhas telefônicas em uma mesma conexão ADSL.

O IMA foi desenvolvido pelo ATM Fórum para arquiteturas tradicionais ATM e incorporado ao *chipset* do ADSL2 como uma camada entre o ADSL-FHY e a camada ATM. No lado do transmissor esta subcamada recebe um único fluxo de dados da camada ATM e distribui para múltiplos fluxos da camada ADSL-PHY. Já no lado do receptor, a subcamada IMA recebe os diversos pacotes de dados ATM dos múltiplos fluxos ADSL-PHY e reconstitui o fluxo ATM original.

A camada ADSL-PHY precisou sofrer alterações para funcionar nesse ambiente junto com o IMA, como por exemplo, o descarte de células inativas e com erro no receptor. A subcamada IMA também é responsável por correção de erros de *bits* nesse nível de transmissão.

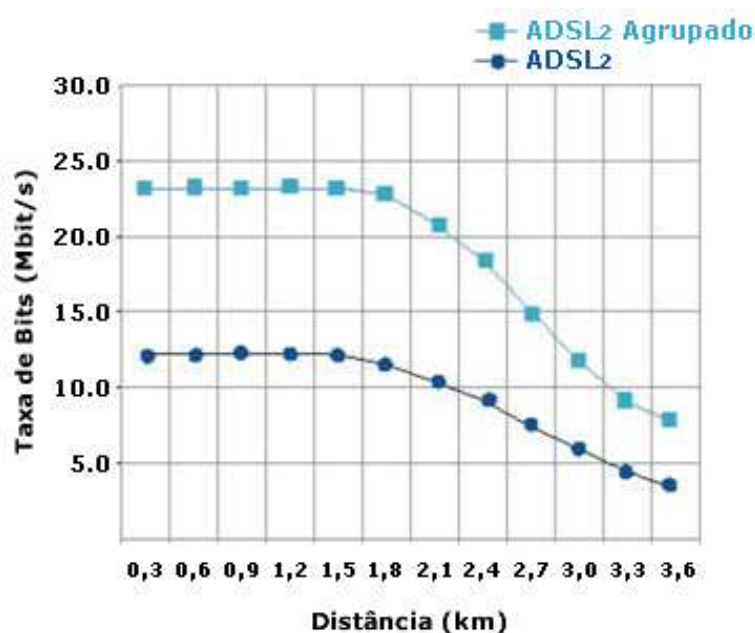


Figura 10 – Comparação de taxa de bits com e sem agrupamento múltiplos

### 3.6. O ADSL2+ (*PLUS*) - MAIS RECENTE RECOMENDAÇÃO

O padrão ADSL2+ foi finalizado em 2003 pelo ITU, integrando assim a família ADSL2 através da recomendação G.992.5 *Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Transceivers – Extended Bandwidth ADSL2 (ADSL2+)*.

A recomendação ADSL2+ duplica a faixa de frequência para o fluxo de *downstream* para até 2.2MHz. Com isso consegue-se maior taxa de *bits downstream* em linhas telefônicas mais curtas, com no máximo até 1,5 Km. Em condições boas de enlace o ADSL2+ utiliza até 1Mbps de fluxo no sentido *upstream*.

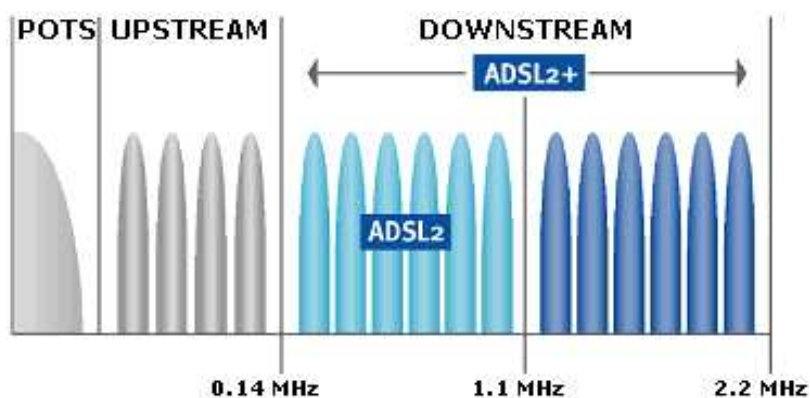


Figura 11 – ADSL2+ dobra a taxa de fluxo no sentido downstream

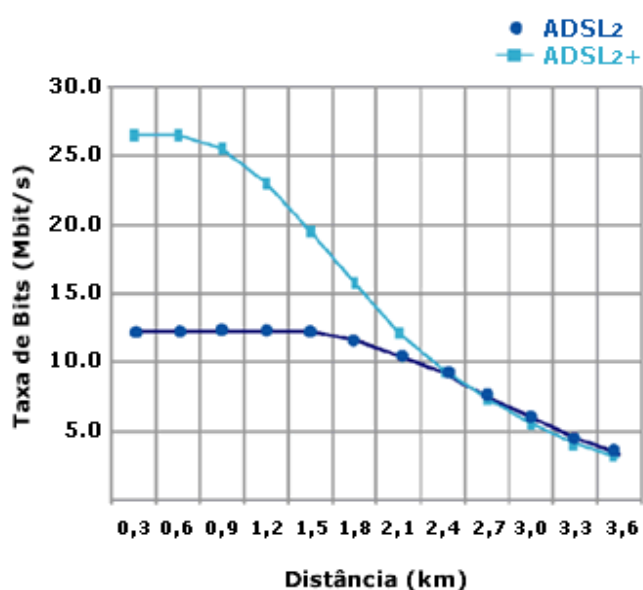


Figura 12 – Relação distância X taxa de bits com faixa dobrada do ADSL2+

As velocidades que o ADSL2+ atingem são de 24Mbps para *downstream* e 1Mbps para *upstream* implementando a recomendação G.992.5, porém a última extensão da recomendação, a G.992.5M, especifica de frequências de bits podem ser retiradas do sentido *downstream* e incluídas no tráfego *upstream* chegando assim a mais que dobrar a taxa de bits neste sentido, chegando até 3Mbps.

#### 4. PRODUTOS EXISTENTES PARA ADSL, ADSL2 E ADSL2+

Alguns produtos de mercado que suportam ADSL e/ou ADSL2(+) são apresentado a seguir:

##### MODEMS



Figura 13 – SPEEDSTREAM



Figura 14 – D-LINK 500B - ADSL



Figura 15 – DSL-2542B - ADSL2+



Figura 16 – LINKSYS WAG160N

##### DSLAM

##### FILTRO



Figura 17 – D-LINK DSL-2542B - ADSL2+

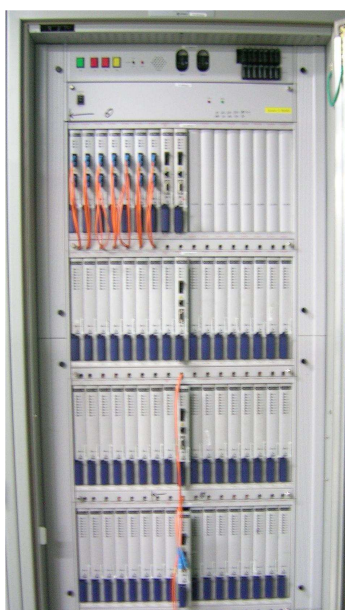


Figura 18 – DSLAM

##### AMRTech

###### Gigabit ATM Switch

| Upward connection for DSLAM and GEPON

###### ADSL DSLAM

| ITU G 992.1, G 992.2,  
| Up 8 Mbps, Down 800 kbps

###### ADSL 2+ DSLAM

| ITU G 992.5  
| Up 24 Mbps, Down 1 Mbps

## 5. CONCLUSÃO

A evolução da tecnologia ADSL vem conseguindo cumprir seu papel de ampliar a velocidade das conexões e atender enlaces de longa distância. Os assinantes estão cada vez mais participando do mundo virtual da internet com interações jamais imagináveis com as tecnologias de acesso discado utilizando modems analógicos. Como interação podemos citar as transmissões de vídeos, conversas telefônicas digitais, compartilhamento de fotografias, dentre outras formas de colaboração.

Usuários hoje utilizam conexões que atingem a marca de 24 Mbps para *downstream* fazendo uso da tecnologia ADSL2+, e até 1 Mbps (3 Mbps com extensão M) para *upstream*.

Aumento das taxas de velocidade e alcance do sinal são os objetivos intrínsecos nos estudos de desenvolvimento da tecnologia ADSL, pois novas demandas de recursos de banda são apresentadas todos os dias. A tecnologia não pode se tornar obsoleta devido ao alto custo da implementação de novas infra-estruturas e tecnologias, que chegam a ser inviáveis em muitos casos.

Como citado neste trabalho, a tecnologia ADSL está diretamente ligada à relação Sinal-Ruído-Distância, por causa das limitações e problemas encontrados na utilização da infra-estrutura muitas vezes precária do sistema de telefonia convencional. Ou seja, quanto mais próximo da estação telefônica maior a velocidade de conexão. Os assinantes que estão próximos às centrais telefônicas são favorecidos por poder utilizar-se das elevadas taxas de transmissão, enquanto os mais distantes estão limitados a taxa de 1Mbps para *downstream* e 512Kbps para *upstream* fazendo uso da ADSL.

## REFERÊNCIAS

- [1] WIKIPEDIA. **Digital Subscriber Line** (<http://en.wikipedia.org/wiki/XDSL>). Acesso em: 25/07/2010.
- [2] **ADSL – Serviço ou Tecnologia?**  
(<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialadsl/default.asp>). Professor Gianfranco Muncinelli. Acesso em: 20/06/2010.
- [3] **ADSL2 e ADSL2+ : Os Novos Padrões do ADSL**  
(<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialadsl2/default.asp>) – Professor Huber Bernal Filho – Acesso em: 25/06/2010
- [4] Andrew S.Tanenbaum. **Rede de computadores**, quarta edição, ISBN 85-252-1185-3.